

تغییرات زمانی و مکانی ساختار جمعیت یک روزه‌ها *Ephemeroptera* و ارتباط آن با

خصوصیات فیزیکوشیمیایی رودخانه تجن - استان مازندران

سامره باقری^۱، جاوید ایمانپور نمین^{۱*}، بیندریشکا بویکوا^۲ و روح الله اسماعیلی^۳

^۱ ایران، صومعه‌سرا، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی، گروه شیلات.

^۲ جمهوری چک، برنو، موسسه حشره‌شناسی آکادمی علوم.

^۳ ایران، ساری، اداره کل حفاظت محیط زیست مازندران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۵

چکیده

ارزیابی بیولوژیک از موثرترین روش‌های عملی و اقتصادی جهت تعیین سلامت اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شود. تنوع ماکروبتوزها نسبت به آلودگی بسیار حساس و به عنوان شاخص سلامت رودخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی تاثیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب بر فراوانی جمعیت حشرات راسته *Ephemeroptera* در سه ایستگاه بالادست، میان‌دست و پایین‌دست رودخانه تجن انجام شد. نمونه‌برداری به روش انتخابی در هر ایستگاه از آب و حشرات آبی به صورت ماهانه از فروردین تا اسفند ۱۳۹۸ انجام شد. به منظور بررسی وضعیت کیفی ایستگاه‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه، تعیین اثر عوامل محیطی در تفکیک ایستگاه‌ها از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) و تعیین ارتباط بین متغیرهای محیطی با حضور و عدم حضور راسته یک‌روزه‌ها از روش رسته‌بندی مستقیم تحلیل متعارفی تطبیقی (CCA) استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین دبی رودخانه (۶۸/۳) متر مکعب بر ثانیه، اکسیژن محلول (۹/۵۳) میلی‌گرم در لیتر و اسیدیته (۸/۳۱) در بهمن و اسفند بیشترین هدایت الکتریکی با میانگین ۱۱۸۱ میکروموس بر سانتی‌متر و کل ذرات معلق با میانگین ۸۱۵ میلی‌گرم در لیتر در شهریور کمترین مقدار را داشتند. نتایج آنالیز واریانس ارزیابی کیفی رودخانه نشان داد که ایستگاه محمدآباد در بالادست از نظر دما و اکسیژن محلول نسبت به دو ایستگاه دیگر و ایستگاه تجن در پایین‌دست از نظر هدایت الکتریکی، کل ذرات معلق و دبی با دو ایستگاه دیگر تفاوت معنی‌داری دارند ($p < 0.05$). همچنین فراوانی برخی از خانواده‌های راسته یک‌روزه‌ها مانند *Baetidae* با هدایت الکتریکی و کل ذرات معلق و فراوانی *Oligoneuridae* با اسیدیته و اکسیژن محلول همبستگی مثبت دارند. لذا با توجه به ارتباط معنی‌دار عوامل کیفی رودخانه‌ها با فراوانی برخی از یک‌روزه‌ها، می‌توانند به عنوان شاخص کیفی منابع آب‌های جاری و سطحی محسوب شوند.

واژه‌های کلیدی: رودخانه تجن، *Ephemeroptera*، ارزیابی زیستی، شاخص‌های زیستی

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: imanpour@guilan.ac.ir

مقدمه

مشخصی از دامنه کیفی آب قادر به ادامه حیات هستند. زمانی که یک رودخانه مقادیر قابل توجهی از آلودگی را دریافت می‌کند، فراوانی، توزیع و ترکیب جمعیت موجودات آبی تغییر می‌کند. بنابراین شاخص‌های زیستی راهی جهت

ارزیابی و پایش زیستی روشی است که در چند دهه اخیر بر کارایی آن تاکید شده و از موثرترین روش‌های عملی و اقتصادی جهت تعیین سلامت اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود (۱۹). انواع جانداران در رودخانه‌ها در شرایط

معدنی شدن مواد آلی شده و به عنوان دومین یا سومین سطح غذایی مورد استفاده سایر آبزیان قرار گرفته و به عنوان نمایه-ای از میزان کل تولید اکوسیستم محسوب می‌شوند (۶). این جانداران به دلیل ساکن بودن، غنای گونه‌ای بالا، چرخه زندگی طولانی و نمایش تغییرات محیطی به صورت دوره-ای، بیش از دیگر جانداران آبی در ارزیابی اکوسیستم‌های آبی مورد توجه قرار دارند (۲۸). راسته یک‌روزه‌ها یا *Ephemeroptera* که انتشار جهانی دارد؛ یکی از راسته‌های شناخته شده بوده (۲۹) و خانواده‌های مختلف این راسته چرخه زندگی پیچیده‌ای در محیط آب و خشکی دارند و به خاطر حضور در زیستگاه‌های متنوع رفتار غذایی متفاوتی دارند به طوری که بعضی از خانواده‌های این راسته در بهار و برخی در پاییز غالب هستند و برخی از آنها مانند *Baetidae* نسبت به آلودگی بسیار حساس هستند و به عنوان شاخص سلامت رودخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۵). پراکنش گونه‌های *Ephemeroptera* توسط متغیرهای محیطی مانند عرض رودخانه، سرعت جریان آب، pH، هدایت الکتریکی، مواد مغذی، مقدار اکسیژن محلول و جنگل زدایی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۱۰). Shahnazaryan و Hovannisyan در سال ۲۰۱۶ به منظور بررسی ارتباط کیفیت آب مهم‌ترین رودخانه ارمنستان با جمعیت ماکروبی مهرگان کفزی در حوضه آبریز Achuryan از روش ارزیابی زیستی سریع برای تعیین کیفیت رودخانه استفاده نمودند. نتایج نشان داد که کیفیت شیمیایی آب رودخانه از خوب تا بد و بدترین متغیر بوده و مهم‌ترین اثر بر جمعیت ماکروبی مهرگان، آلودگی ناشی از وجود مواد مغذی بود. ورود منابع آلاینده در رودخانه‌ها خصوصیات فیزیکوشیمیایی از قبیل اسیدیته، دما، هدایت الکتریکی، مواد مغذی، اکسیژن محلول و بسیاری دیگر از خصوصیات آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۸) و شدت آلودگی رودخانه‌ها در تنوع موجوداتی که در آن می‌توانند زنده بمانند، نقش تعیین کننده‌ای دارد. بسیاری از مواد محلول آب‌های شیرین به عنوان عامل آشفتنگی در جمعیت جوامع

نمایش وضعیت اکولوژیک منابع آبی هستند که براساس جمعیت بی‌مهرگان کفزی و دامنه تحمل آنها به آلودگی می‌باشد (۲۸). حشرات متنوع‌ترین گروه موجودات در آب-های شیرین هستند (۲۹). بی‌مهرگان کفزی از نظر مقاومت در برابر شدت آلودگی و کاهش اکسیژن با یکدیگر تفاوت دارند، برخی از گونه‌ها در آب‌های کاملاً تمیز و عاری از هر گونه آلودگی و بعضی نیز در آب‌هایی با آلودگی زیاد قادر به ادامه حیات هستند، به طوری که وجود یا عدم وجود حشرات آبی و حساسیت این موجودات نسبت به آلودگی-ها نشانگر کیفیت آب می‌باشد (۱۲) به همین دلیل جمعیت بی‌مهرگان بزرگ کفزی می‌تواند بیانگر تغییر وضعیت کمی و کیفی رودخانه در گذر زمان باشد. ماکروبتوزها، بی‌مهرگانی هستند که حداقل بخشی از زندگی خود را در بستر منابع آبی سپری کرده و به دلیل داشتن غنای گونه‌ای بالا، ساکن بودن و چرخه زندگی طولانی، بیشتر از دیگر جانداران آبی در ارزیابی بوم‌شناختی اکوسیستم‌های آبی مورد توجه قرار دارند (۲۶). ماکروبتوزها در محیط‌های آبی چندین نقش مهم دارند که از مهم‌ترین وظایف آنها تغذیه آبزیان، جابجایی و چرخش مواد غذایی در اکوسیستم آبی است (۲۲). استفاده از بی‌مهرگان کفزی در شناسایی کیفیت منابع آبی بر این فرض استوار است که در مناطقی که تحت تأثیر عوامل آلاینده نباشند تنوع بی‌مهرگان کفزی بیشتر بوده و گونه‌های حساس در آنجا غالب هستند؛ اما در مناطقی که تحت تاثیر منابع آلودگی قرار گرفته‌اند تنوع کمتری مشاهده می‌شود (۱۳). در سال‌های اخیر ماکروبتوزها به دلیل داشتن پتانسیل بالا در مطالعات پایش زیستی مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند (۳۱)؛ زیرا این موجودات به تغییرات فیزیکوشیمیایی محیط حساس هستند و به عبارت دیگر شاخص ساختار و عملکرد یک اکوسیستم آبی محسوب می‌شوند (۲۵، ۲۶)؛ همچنین این موجودات، جزئی از زنجیره غذایی زیستگاه‌های آبی بوده و نیاز غذایی بسیاری از گونه‌های آبی را تهیه و بدین ترتیب نقش حیاتی در چرخه انرژی و مواد اکوسیستم دارند. موجودات کفزی باعث

و زمین‌های کشاورزی و چندین کارخانه عبور می‌کند و پس از عبور از شهرستان ساری در ناحیه خزرآباد به دریای خزر می‌ریزد (۵).

ایستگاه‌های مورد مطالعه: نمونه‌برداری از رودخانه در طول ۵۰ کیلومتر در ۳ ایستگاه از فروردین تا اسفند ۱۳۹۸ به صورت ماهانه انجام شد. ایستگاه‌های مطالعاتی به صورت انتخابی و به ترتیب در بالادست، میان‌دست و پایین‌دست رودخانه قرار داشته و با توجه به وضعیت کاربری پیرامون و استقرار منابع آلاینده در مجاورت رودخانه تجن انتخاب شدند. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ و شکل ۱ نشان داده شده است.

تشریح روش نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از بی‌مهرگان کفزی: نمونه‌برداری از حشرات راسته یک روزه‌ها با استفاده از نمونه‌بردار سوربر با ابعاد ۴۰ × ۴۰ سانتی‌متر و چشمه تور ۱۰۰ میکرون و با سه تکرار در هر ایستگاه و به صورت ماهانه و در سه روز اول هر ماه از ساعت هشت تا ده صبح انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده در ظرفی که مشخصات ایستگاه، محل و تاریخ نمونه‌برداری در آن ثبت شده بود تخلیه و با اتانول ۷۰ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند (۱۳). در آزمایشگاه نمونه‌ها با استفاده از لوپ با بزرگ‌نمایی ۱۰ تا ۴۰ و کلیدهای شناسایی (۱۴، ۲۲ و ۲۴) شمارش و شناسایی شدند.

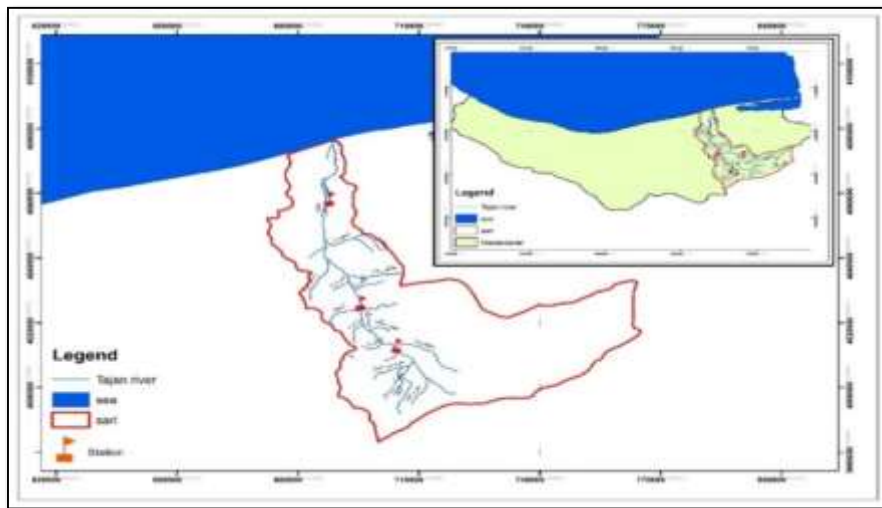
جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول مسیر رودخانه

تجن بر مبنای UTM			
ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع
محمدآباد	۷۱۱۰۸۵	۴۰۰۳۸۰۱	۷۲۸
تاکام	۶۹۵۳۴۳	۴۰۲۶۴۲۶	۲۲۵
تجن	۶۸۶۶۷۲	۴۰۴۸۷۶۷	۳۰

موجودات آبری محسوب می‌شوند (۲۳). Latimore در سال ۲۰۱۲، بیان نمود که میزان اندک اکسیژن محلول در آب نشان‌دهنده وجود دی‌اکسیدکربن بالا و این عامل سبب کاهش جمعیت حشرات آبری می‌شود (۱۸). همچنین Popoola and Otalekor در سال ۲۰۱۱ بیان کردند که اسیدیته آب رودخانه‌ها نیز یک عامل موثر بر جمعیت موجودات آن محسوب می‌شود، به طور مثال برخی از حشرات که به میزان آلودگی رودخانه‌ها حساس هستند، فقط می‌توانند در دامنه اسیدیته بین ۶/۵ تا ۷/۵ زنده بمانند، بنابراین تغییرات ویژگی‌های رودخانه بر تنوع و الگوی پراکنش حشرات آبری تاثیر خواهد گذاشت (۲۳). بنا به اهمیت رودخانه تجن به عنوان یکی از رودخانه‌های مهم شیلاتی در استان مازندران که به دلیل گستردگی طولی در معرض منابع آلاینده مختلف قرار دارد، مطالعات متعددی در زمینه وضعیت کیفی آن رودخانه انجام شده است (۲، ۳ و ۵)، اما در خصوص ارتباط پارامترهای کیفی بر تنوع حشرات آبری به ویژه راسته مهم یک روزه‌ها مطالعه‌ای انجام نشده است. لذا این تحقیق با هدف شناسایی تغییرات زمانی و مکانی جمعیت راسته یک‌روزه‌ها و میزان ارتباط فراوانی آنها با تغییرات خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی رودخانه تجن انجام گردید تا مشخص نماید که حضور خانواده‌های یک‌روزه‌ها شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفی رودخانه‌ها محسوب می‌گردد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه: تجن یکی از رودخانه‌های حاشیه جنوبی دریای خزر است که از رشته کوه البرز سرچشمه می‌گیرد. رودخانه تجن ۱۲۰ کیلومتر طول داشته و حوضه آبریز آن در حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. حوضه آبریز این رودخانه در فاصله ۶۳ درجه و ۱ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی و ۳۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۷۲ دقیقه طول شرقی قرار دارد. رودخانه تجن قبل از ورود به شهر ساری، از مسیرهای جنگلی، روستایی



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری و نقشه ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه تجن- ساری

مورد مطالعه از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) در نرم افزار R استفاده شد. ابتدا به دلیل ناهمگن بودن فراوانی خانواده یکروزه‌ها از روش تغییر شکل هلینگر استفاده شد و متغیرهای محیطی نیز با یکسان سازی مقیاس‌ها Z-Score استاندارد شدند، به طوری که واریانس یک و میانگین صفر داشته باشند. برای بررسی روابط بین متغیرهای محیطی با حضور و عدم حضور خانواده یکروزه‌ها از روش رسته-بندی مستقیم تحلیل متعارفی تطبیقی (CCA) استفاده شد و پس از شناسایی مهم‌ترین مولفه‌ها معنی‌داری هر کدام از آن مقادیر توسط آزمون مونت کارلو بررسی شد (۲۰).

نتایج

نتایج بررسی کیفیت آب رودخانه تجن نشان داد که فاکتورهای فیزیکوشیمیایی در طول دوره زمانی تغییرات زیادی داشتند. دبی رودخانه بین ۱۱۹/۱ متر مکعب بر ثانیه در اسفند ماه تا ۱/۵ متر مکعب بر ثانیه در تیر ماه متغیر بود؛ به طوری که ماه‌های بهمن و اسفند با سایر ماه‌های سال و ایستگاه تجن در پایین دست نسبت به دو ایستگاه دیگر تفاوت معنی‌داری داشتند ($N=36$, $f=1/75$, $p<0.05$) (شکل ۲). کمترین دمای آب در بهمن (۱۰ درجه) و بیشترین مقدار آن در شهریور (۲۷ درجه) ثبت گردید که

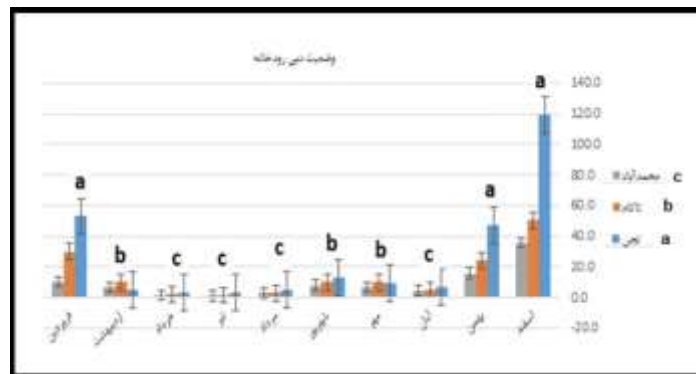
نمونه‌برداری از آب رودخانه: برای تعیین پارامترهای فیزیکی شامل اسیدیته، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول و دما از دستگاه پرتابل Multiline P4 در محل نمونه‌برداری استفاده شد. کدورت نمونه‌ها با دستگاه کدورت‌سنج 100-TB تعیین شد، بدین ترتیب که ابتدا با استفاده از محلول‌های کالیبراسیون (۰/۰۲، ۰/۱، ۱۰۰، ۱۰۰۰ NTU) دستگاه را کالیبره نموده و سپس سل شیشه‌ای نشان‌دار شده را کاملاً با نمونه پر کرده و درب آن بسته شد. باید دقت کرد که جداره بیرونی شیشه‌ها کاملاً تمیز و خشک باشد. سپس سل را داخل محفظه دستگاه گذاشته و مقدار کدورت اندازه‌گیری گردید. کل مواد جامد معلق (TDS) با دستگاه Conductivity TDS Meter و کل مواد جامد محلول (TSS) به وسیله پمپ خلأ و فیلتر استات سلولزی ۰/۴۵ میکرومتر با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (۱۶).

آنالیز داده‌ها: پس از محاسبه مقادیر تعداد کل راسته یک-روزه‌ها در هر ایستگاه و نرمال‌سازی داده‌ها (در صورت نیاز) به روش کولموگروف-اسمیرنوف، از آنالیز واریانس یک طرفه برای مقایسه تفاوت بین میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی در هر ایستگاه استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار آماری SPSS 16 انجام شد. به منظور تعیین اثر عوامل محیطی در تفکیک ایستگاه‌های

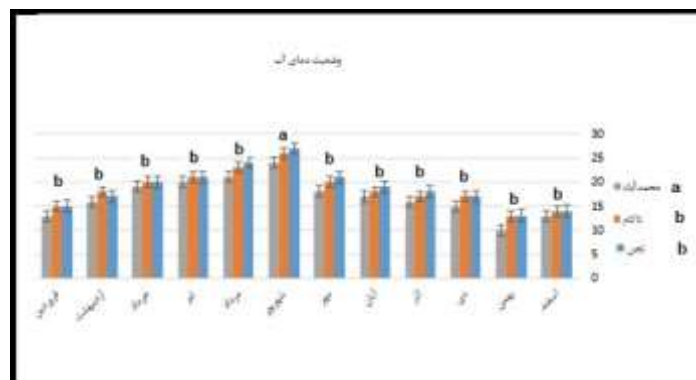
میکروموس بر سانتی‌متر در اسفند متغیر بود و شهریور ماه نسبت به سایر ماه‌های سال دارای اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۶). (N=36, f=0/702, p<0.05) میزان کل مواد معلق از مقدار ۱۰۷۰ میلی‌گرم بر لیتر در شهریور ماه تا ۵۵ میلی‌گرم بر لیتر در اسفند ماه متغیر بوده و از این نظر شهریور ماه نسبت به سایر ماه‌های سال دارای اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۷). (N=36, f=1/32, p<0.05)

نتایج نشان داد که خانواده‌های مختلف یکروزه‌ها در سه ایستگاه مشاهده می‌شوند؛ به طوری که در ایستگاه سوم در پایین‌دست رودخانه، فراوانی خانواده یکروزه‌ها بسیار کم و در دو ایستگاه میان‌دست و بالادست فراوانی آن بیشتر بوده است. به طور کلی پنج خانواده *Baetidae*, *Heptageniidae*, *Ephemerellidae*, *Oligoneuridae* و *Caenidae* از راسته *Ephemeroptera* در ایستگاه‌های مورد مطالعه شناسایی شد.

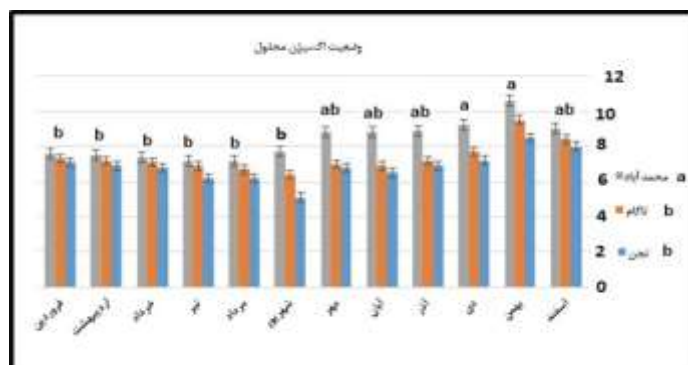
تفاوت معنی‌داری با سایر ماه‌های سال داشت (N=36, f=0/902, p<0.05). همچنین میانگین دمای آب در ایستگاه محمدآباد بیشتر از دو ایستگاه دیگر بوده و تفاوت معنی‌داری با آنها داشت (شکل ۳). بیشترین میزان اکسیژن محلول برابر با ۵/۱ میلی‌گرم در لیتر در بهمن ماه و کمترین مقدار آن در مرداد ماه برابر با ۱۰/۶ میلی‌گرم در لیتر در مرداد ماه ثبت گردید. مقدار اکسیژن محلول در بهمن نسبت به سایر ماه‌های سال تفاوت معنی‌دار داشته و به طور کلی ماه‌های سرد نیز نسبت به ماه‌های گرم تفاوت معنی‌داری داشتند (N=36, f=7/782, p<0.05)؛ (شکل ۴). مقدار اسیدیته از ۷ تا ۸/۳ متغیر بود و بیشترین مقدار آن در بهمن ماه و کمترین میزان آن در شهریور ماه ثبت گردید. نکته مهم در مورد مقدار اسیدیته عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین ایستگاه‌های مختلف و ماه‌های مختلف بود (N=36, f=9/811, p<0.05) (شکل ۵). میزان هدایت الکتریکی از مقدار ۱۷۲۰ میکروموس بر سانتی‌متر در شهریور تا ۲۵۰



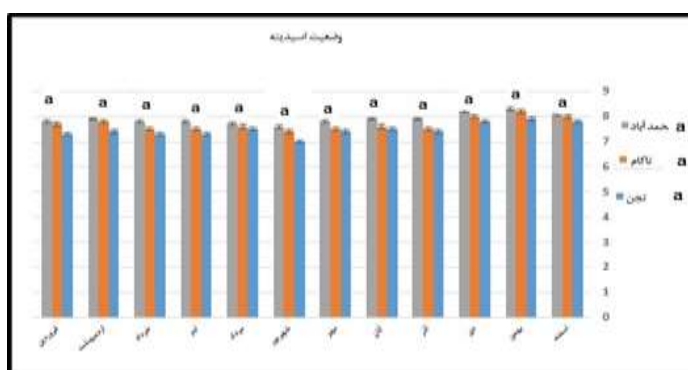
شکل ۲- مقایسه میانگین دبی رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸ (حروف متفاوت نشان دهنده معنی‌داری است)



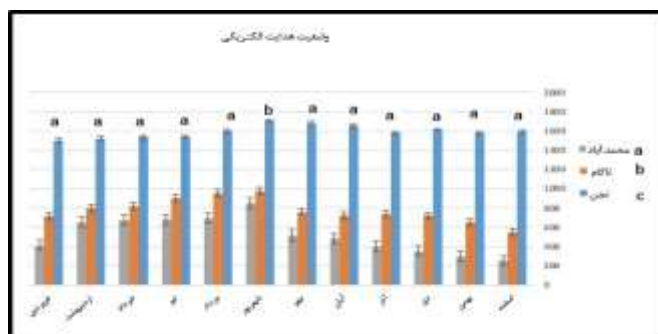
شکل ۳- مقایسه میانگین دما در رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸ (حروف متفاوت نشان دهنده معنی‌داری است)



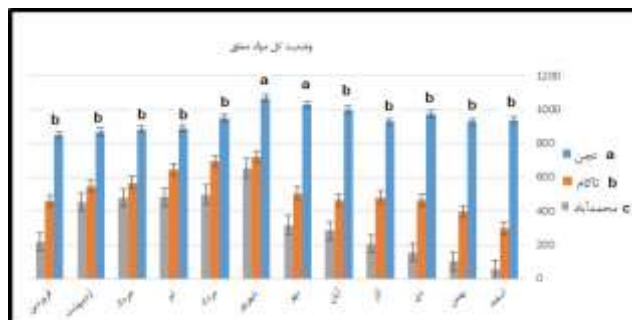
شکل ۴- مقایسه میانگین اکسیژن محلول رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸ (حروف متفاوت نشان دهنده معنی داری است)



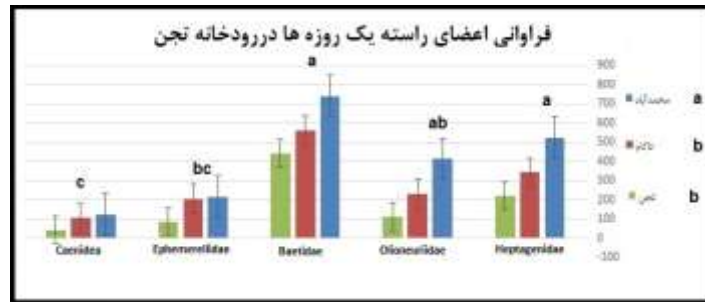
شکل ۵- مقایسه میانگین اسیدیته رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸ (حروف متفاوت نشان دهنده معنی داری است)



شکل ۶- مقایسه میانگین هدایت الکتریکی رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸ (حروف متفاوت نشان دهنده معنی داری است)



شکل ۷- مقایسه میانگین کل مواد معلق رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه سال ۱۳۹۸ (حروف متفاوت نشان دهنده معنی داری است)

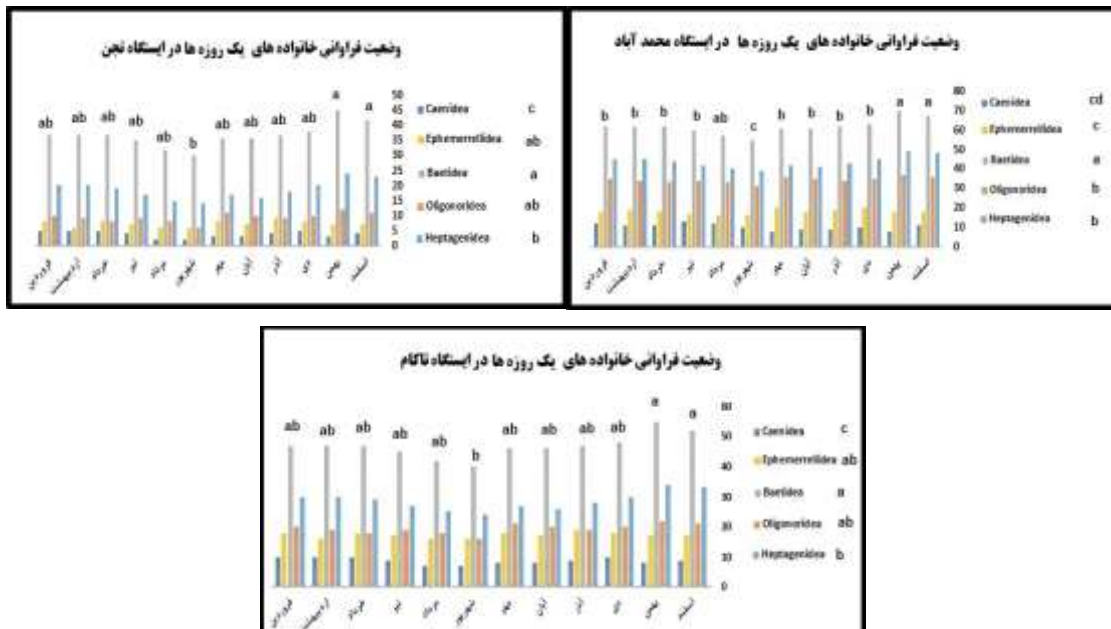


شکل ۸- مقایسه میانگین فراوانی کل خانواده‌های یک‌روزه‌ها در رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه

میانگین فراوانی مربوط به ماه بهمن به ترتیب برابر با 16 ± 932 ، 91 ، 18 ± 157 و 182 ± 24663 و کمترین مقدار آن در ماه شهریور به ترتیب برابر با 58 ± 11171 ، 103 و 12 ± 401 گونه می‌باشد. همچنین ماه‌های بهمن و شهریور از نظر فراوانی در هر سه ایستگاه تفاوت معنی‌داری با سایر ماه‌های سال دارند و خانواده‌های *Baetidae* و *Heptageniidae* بیشترین و *Caenidae* کمترین فراوانی و تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر خانواده‌های یک‌روزه‌ها داشتند (شکل ۹).

همچنین نتایج نشان داد خانواده *Baetidae* با تعداد ۱۷۰ عدد بیشترین و خانواده *Caenidae* با ۹۱ عدد کمترین فراوانی را در بین خانواده‌ها داشت، همچنین بررسی فراوانی یک‌روزه‌ها در سه ایستگاه نشان داد که گونه‌های غالب متعلق به خانواده *Baetidae* و *Heptageniidae* بوده که در ایستگاه‌های مختلف فراوانی آنها نسبت به سایر خانواده‌ها معنی‌دار می‌باشد (شکل ۸).

نتایج بررسی فراوانی گونه‌های مختلف یک‌روزه‌ها در سه ایستگاه پایین‌دست (تجن)، میان‌دست (تاکام) و بالادست (محمدآباد) نشان داد که در هر سه ایستگاه بیشترین مقدار



شکل ۹- مقایسه میانگین فراوانی خانواده یک‌روزه‌ها (پایین‌دست) و میان‌دست (تاکام) در ماه‌های مختلف در سال ۱۳۹۸

جدول ۲- مقادیر ویژه و درصد واریانس و واریانس تجمعی مولفه‌های اصلی

مولفه ها	مقدار عددی	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۳/۵۰۸	۵۸/۴۷۱	۵۸/۴۷۱
۲	۱/۵۱۱	۲۵/۱۷۸	۸۳/۶۴۹
۳	۰/۵۱۳	۸/۵۴۶	۹۲/۱۹۵
۴	۰/۳۰۶	۵/۰۹۶	۹۷/۲۹۱
۵	۰/۱۵۴	۲/۵۶۲	۹۹/۸۵۳
۶	۰/۰۰۹	۰/۱۴۷	۱۰۰

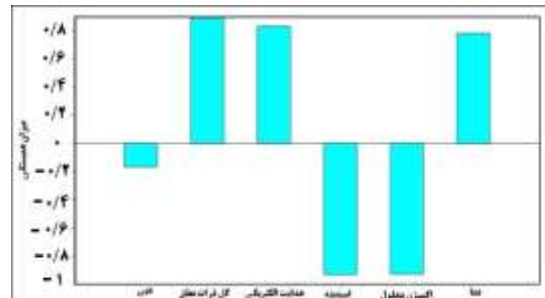
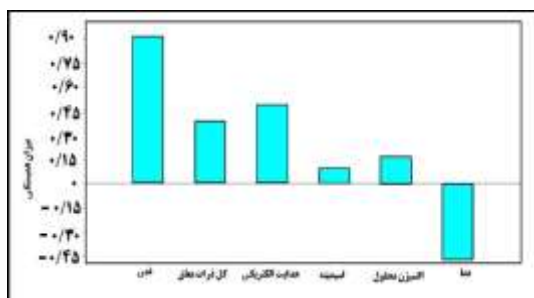
نتایج بررسی رسته‌بندی متغیرهای محیطی و ایستگاه‌ها نشان داد که متغیرهای هدایت الکتریکی، کل ذرات معلق و دما با مولفه اول همبستگی مثبت دارند و با اکسیژن محلول و اسیددیده همبستگی منفی دارند و اسیددیده موثرترین عامل در مولفه اول محاسبه گردید. در مولفه دوم، تنها متغیر دبی همبستگی مثبت با آن دارد.

نتایج تجزیه مولفه‌های اصلی با نرم‌افزار Canoco نشان داد که دو مولفه اول، بیشترین تفاوت بین میانگین‌ها را توصیف می‌کنند. مقادیر ویژه و درصد واریانس و واریانس تجمعی توصیف شده هر کدام از مولفه‌های تحلیل مولفه-های اصلی (PCA) در جدول ۲ نشان داده شده است، مولفه اول با ۵۸/۴۷ درصد و مولفه دوم با ۲۵/۱۸ درصد واریانس، مجموعاً ۸۳/۶۵ درصد واریانس کل و سایر مولفه‌ها، ۱۶/۳۵ درصد واریانس را نشان می‌دهند (جدول ۲).

بررسی ضرایب همبستگی متغیرهای محیطی با هر کدام از مولفه‌ها، نشان داد که متغیرهای کل ذرات معلق، هدایت الکتریکی و دما با مولفه اول همبستگی مثبت و متغیرهای اسیددیده و اکسیژن محلول همبستگی منفی دارند و تنها متغیری که با مولفه دوم همبستگی بالایی دارد، دبی است (جدول ۳). نمودارهای ضرایب همبستگی هر کدام از متغیرها با مولفه‌های اصلی در شکل ۶ نمایش داده شده است (شکل ۱۰).

جدول ۳- ضرایب همبستگی متغیرهای محیطی با مولفه‌های اصلی

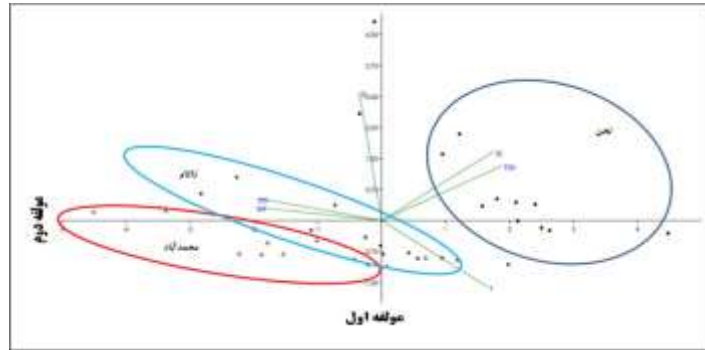
متغیرها	مولفه اول	مولفه دوم	مولفه سوم	مولفه چهارم	مولفه پنجم	مولفه ششم
دبی	-۰/۱۶۶۳۸	۰/۹۱۲۵۹	-۰/۳۷۲۲۷	۰/۰۲۷۵۰۸	۰/۰۱۲۱۲۳	۰/۰۰۱۵۷
کل ذرات معلق	۰/۸۹۲۴۹	۰/۳۸۹۸۹	۰/۱۷۶۳۴	۰/۱۲۲۶۵	-۰/۰۲۵۷۴۳	-۰/۰۶۸۱۶۵
هدایت الکتریکی	۰/۸۳۰۲۷	۰/۴۹۰۵۸	۰/۲۵۰۰۶	۰/۰۵۷۶۱۲	۰/۰۱۱۱۰۸	۰/۰۶۳۲۸۲
اسیددیده	-۰/۹۲۹۷۹	۰/۰۹۵۳۴۲	۰/۰۹۴۸۶۷	۰/۲۶۶۸	-۰/۲۱۴۸۷	۰/۰۰۷۱۴۶۱
اکسیژن محلول	-۰/۹۲۶۸۵	۰/۱۵۹۴۲	۰/۰۱۶۲۰۴	۰/۱۷۳۹۵	۰/۲۴۲۸۵	-۰/۰۰۶۴۳۵۷
دما	۰/۷۸۱۱	-۰/۴۶۹۹	-۰/۲۴۱۳۹	۰/۳۲۸۴۸	۰/۰۵۲۵۷۳	۰/۰۱۱۸۲۵



شکل ۱۰- نمودارهای ضرایب همبستگی هر کدام از متغیرها با مولفه‌های اول و دوم

دو متغیر مهم در ایستگاه میان‌دست (تاکام) هستند و متغیرهای دما و دبی بر هیچ یک از ایستگاه‌ها تاثیرگذار نبوده و هیچ کدام از متغیرها در منطقه محمد آباد تاثیرگذار نیستند (شکل ۱۱).

نتایج نشان داد که با نزدیک شدن به ایستگاه پایین‌دست (تجن) مقادیر هدایت الکتریکی و کل ذرات معلق افزوده شده و از مقادیر اکسیژن محلول و اسیدیته کاسته شده است. همچنین نتایج نشان داد که اکسیژن محلول و اسیدیته



شکل ۱۱- نمودار بای پلات متغیرهای محیطی و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

درصد واریانس را توجیه می‌کنند (جدول ۴). همچنین بررسی معنی‌داری هر کدام از این مقادیر با آزمون مونت کارلو نشان داد که مقدار p برای مؤلفه اول و دوم با تحلیل CCA کمتر از ۰/۰۵ شده و معنی‌داری آن تایید می‌شود (شکل ۱۱).

بررسی نتایج ارتباط متغیرهای محیطی با حضور و عدم حضور خانواده راسته یک‌روزه‌ها در روش رسته‌بندی مستقیم تحلیل متعارفی تطبیقی (CCA) نشان داد که در این تحلیل نیز مؤلفه اول با ۸۱/۹۷ درصد و مؤلفه دوم با ۱۶/۱۹ درصد مهم‌ترین مؤلفه هستند و مجموعاً ۹۸/۱۶

جدول ۴- مقادیر ویژه و درصد واریانس توجیه شده مؤلفه‌ها در تحلیل CCA

مؤلفه	مقادیر ویژه	درصد مقادیر ویژه
	$N=999$	
اول	۰/۰۱۰۵۶۶	۸۶/۹۷
دوم	۰/۰۰۲۰۸۶۶	۱۶/۱۹
سوم	۰/۰۰۰۲۱۱۷۵	۱/۶۴۳
چهارم	۲/۶۰۷۶	۰/۲۰۲۳

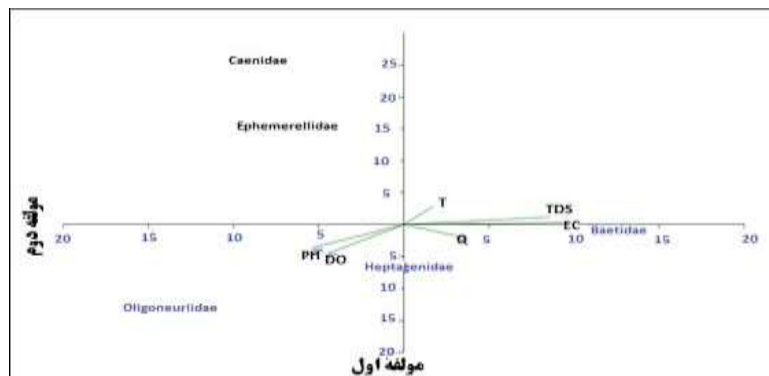
بحث

بررسی متغیرهای فیزیکوشیمیایی رودخانه تجن نشان داد که دبی در ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین با سایر ماه‌های سال و ایستگاه تجن در پایین‌دست نسبت به دو ایستگاه دیگر تفاوت معنی‌داری دارد، این موضوع به دلیل افزایش نزولات جوی در زمستان، کوهستانی بودن رودخانه تجن،

نمودار CCA نشان داد که متغیرهای هدایت الکتریکی و کل ذرات معلق با *Baetidae* بیشترین همبستگی و متغیرهای دما و دبی با هیچ‌کدام از خانواده یک‌روزه‌ها ارتباط معنی‌داری ندارند. متغیرهای اسیدیته و اکسیژن محلول با حضور *Oligoneuridae* همبستگی مثبت دارد. *Heptagenidae*، *Ephemereillidae* و *Caenidae* نیز با هیچ متغیری همبستگی ندارند (شکل ۱۲).

نسبت به دو ایستگاه دیگر می‌باشد. همچنین بررسی زمانی تغییرات دما نیز نشان داد که شهریور نسبت به سایر ماه‌های سال تفاوت معنی‌داری دارد که علت آن گرم شدن هوا و کاهش شدید دبی آب رودخانه در فصول گرم سال می‌باشد، این موضوع با نتایج مطالعات (۳) انطباق دارد.

ذوب برف در بهار، ورود شاخه‌های فرعی و تجمع دبی آنها در پایین دست می‌باشد (۲). با وجود روند یکسان تغییرات دمای آب در طول دوره زمانی مطالعه شده، ایستگاه محمدآباد (بالادست) تفاوت معنی‌داری با سایر ایستگاه‌ها دارد و افت شدید دما در این ایستگاه به علت کوهستانی بودن منطقه و اختلاف ارتفاع بیش از ۵۰۰ متر



شکل ۱۲- نمودار بای پلات متغیرهای محیطی و خانواده‌های یک‌روزه‌ها در تحلیل CCA

با نتایج مطالعات Camargo et, Akaahan and Many, 2016 و Ahlawat and Kumar, 2009 (۷، ۸، ۱۱) مطابقت دارد. بررسی فراوانی پنج خانواده از راسته یک‌روزه‌ها نشان داد که خانواده‌های Baetidae و Heptagenidae با بیشترین فراوانی و خانواده Caenidae با کمترین فراوانی، تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر خانواده‌های راسته یک‌روزه‌ها داشتند. همچنین فراوانی جمعیت راسته یک‌روزه‌ها از فصلی به فصل دیگر متغیر بود به طوری که ماه‌های بهمن و شهریور تفاوت معنی‌داری با سایر ماه‌های سال داشت، دلایل این امر می‌تواند افزایش میزان بارندگی و دبی رودخانه و کاهش ورود منابع آلاینده در فصل زمستان باشد، Akaahan و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای روی رودخانه‌ای در نیجریه بیان کردند که بارندگی به عنوان یک فاکتور اصلی در تغییر فراوانی و ترکیب یک‌روزه‌ها، نقش مهمی دارد؛ این موضوع برخلاف نتایج مطالعات (۹) بوده

میزان اکسیژن محلول در بهمن ماه نسبت به سایر ماه‌های سال و به طور کلی ماه‌های سرد نیز نسبت به ماه‌های گرم سال تفاوت معنی‌داری داشت؛ که دلیل آن می‌تواند گرم شدن هوا، کاهش دبی رودخانه در فصول گرم سال باشد (۲). از طرفی میزان اکسیژن محلول در ایستگاه محمدآباد نسبت به دو ایستگاه دیگر بسیار بیشتر و تفاوت معنی‌داری داشت، این موضوع نیز به دلیل عدم وجود منابع آلاینده در بالادست و عدم ورود پساب مزارع پرورش ماهی و کارخانجات ایستگاه به محمدآباد می‌باشد (۲). هدایت الکتریکی و کل ذرات معلق در شهریور نسبت به سایر ماه‌ها تفاوت معنی‌دار داشت که دلیل آن کاهش دبی، گرم شدن هوا و به تبع آن کاهش اکسیژن محلول می‌باشد، همچنین ایستگاه تجن در پایین دست از نظر میزان اکسیژن محلول نسبت به دو ایستگاه دیگر دارای تفاوت معنی‌دار بود که این امر به دلیل ورود حداکثری پساب منابع آلاینده از بالادست و تجمع اثرات آنها در این ایستگاه می‌باشد که

دبی بر هیچ کدام از ایستگاه‌ها تاثیرگذار نیستند، این موضوع نشان می‌دهد که خصوصیات کیفی آب رودخانه بر حضور و عدم حضور گونه‌های راسته یک‌روزه‌ها تاثیر داشته و زمینه کاهش فراوانی آن‌ها را در ایستگاه پایین دست فراهم می‌نماید. از طرفی نتایج آنالیز CCA نشان داد که متغیرهای هدایت الکتریکی و کل ذرات معلق با خانواده Baetidae بیشترین همبستگی و متغیرهای دما و دبی با هیچ‌کدام از خانواده یک‌روزه‌ها ارتباط معنی‌داری ندارند. متغیرهای اسیدیته و اکسیژن محلول با حضور *Oligoneuridae* همبستگی مثبت و معنی‌دار دارند، بنابراین با توجه با اهداف این مطالعه و نتایج حاصله می‌توان بیان نمود که برخی از خانواده‌های یک‌روزه‌ها نظیر Baetidae و *Oligoneuridae* به دلیل ارتباط معنی‌دار با برخی از عوامل کیفی رودخانه می‌توانند به عنوان شاخص ارزیابی کیفی منابع آبی سطحی مورد استفاده قرار گیرند.

که تاکید می‌کند تعداد خانواده‌ها و فراوانی راسته یک‌روزه‌ها در فصل خشک افزایش می‌یابد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در ایستگاه سوم در پایین‌دست، فراوانی اعضای راسته یک‌روزه‌ها بسیار کم و در دو ایستگاه میان دست و بالادست فراوانی بالاتر و تفاوت معنی‌دار می‌باشد که احتمالاً کاهش وضعیت کیفی آب رودخانه در ایستگاه پایین‌دست، ورود منابع آلاینده و شرایط بد اکولوژیکی آن ایستگاه سبب کاهش جمعیت یک‌روزه‌ها شده است. این موضوع در تحقیقات (۲۷) تاکید شد که تنوع جمعیت یک‌روزه‌ها در دوره‌ای که منابع آلاینده ایستگاه‌ها را تحت تاثیر قرار داده و وضعیت کیفی آن را تخریب می‌کنند، بسیار پایین است. نتایج بررسی رسته‌بندی متغیرهای محیطی و رویشگاه‌ها نشان داد که از بالادست (محمدآباد) به ایستگاه پایین‌دست (تجن) مقادیر هدایت الکتریکی و کل ذرات معلق افزایش و از میزان اکسیژن محلول کاسته شده است. همچنین متغیرهای دما و

منابع

- ۱- اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها بهداشت و استاندارد در محیط زیست، انتشارات نقش مهر، ۴۵۶ صفحه.
- ۲- شریفی‌نیا، م.، ایمان پور نمین، ج.، و بزرگی ماکرانی، ا.، ۱۳۹۱. ارزیابی بوم‌شناختی رودخانه تجن با استفاده از گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی و شاخص‌های زیستی، مجله علمی پژوهشی اکولوژی کاربردی، جلد ۱، شماره ۱، صفحات ۹۱-۸۰.
- ۳- شکری ساروی، م.، احمدی، م.، رحمانی، ح.، و کامرانی، ا.، ۱۳۹۳. ارزیابی کیفیت آب بر اساس شاخص‌های زیستی هیلسنهوف، تنوع شانن-وینر و شاخص‌های محیطی در رودخانه تجن، فصلنامه علمی پژوهشی علوم و فنون شیلات، دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، صفحات ۵۵-۴۳.
- ۴- قریب خانی، م.، و تایتنا، م.، ۱۳۷۸. توان تولید طبیعی رودخانه لوندویل براساس جوامع کفزیان، مجله شیلات، شماره چهارم، صفحات ۵۵-۳۵.
- ۵- مسعودیان، م.، فلاحیان، ف.، ستاری، ط.، متاجی، ا.، و خاوری نژاد، ر.، ۱۳۸۹. دیاتومه‌های اپیلتیک و نقش آن در تعیین کیفیت آب رودخانه تجن، استان مازندران، مجله دانش زیستی ایران، سال چهارم، شماره چهارم، صفحات ۵۷-۶۶.
- ۶- نظامی، ش.، و خارا، ح.، ۱۳۸۴. ارزیابی اثرات خشکسالی بر تنوع، تراکم، فراوانی و پراکنش موجودات کفزی تالاب امیرکلاهی لاهیجان، مجله علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره سوم، صفحات ۱۵۶-۱۴۱.
- 7- Ahlawat, K., Kumar, A., 2009, Analysis of industrial effluents and its comparison with other effluents from residential and commercial areas in solan H.P, International Journal of Theoretical & Applied Sciences, Vol. 1, pp: 42-46.
- 8- Akaahan, T., Manyi, M., Azua, E., 2016, Variation of benthic fauna composition in river Benue at Makurdi, Benue State, Nigeria, International Journal of Fauna and Biological Studies 2016, Vol. 3(2), pp: 71-76.

- 9- Arimoro, F. O., Ikomi R. B., 2009, Ecological integrity of upper Warri River, Niger Delta using aquatic insects as bioindicators. *Ecological Indicators*, Vol. 9, pp: 455-461.
- 10- Buss, D. F., Salles F. F., 2007, Using Baetidae species as biological indicators of environmental degradation in a Brazilian river Basin, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 130, pp: 365-372.
- 11- Camargo, J. A., Gonzalo, C., Alonso, A., 2011, assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates: A case study, *Ecological Indicators*. Vol. 11, pp: 911- 917.
- 12- Cooper, M., Knight, S., 1991, Water quality cycles in two hill land streams subjected to natural, and non-point agricultural stresses in the Yazoo Basin of Mississippi, USA (1985-1987). Vol. 24, PP: 1654-1663.
- 13- Davies, A. 2001. The use and limits of various methods of sampling and interpretation of benthic macro invertebrates, *Journal of Limnology*, Vol. 60 (suppl.1), pp: 1-6.
- 14- Edmanson, W. T., 1959, *Freshwater Biology*, John Wiley and Sons, Inc, U.S.A. 1248 p.
- 15- Hovhannisyanyan, A., Shahnazaryan, G., 2016, estimating water quality using site specific assessment method and macro invertebrates: A case of the Akhuryan river basin in Armenia. *European Water*, Vol. 53, pp: 13-25.
- 16- Hughes, B. D., 1978, the influence of factors other than pollution on the value of Shannon's diversity index for benthic macroinvertebrates in stream, *Water Research*. Vol. 12, pp: 359.
- 17- Karr, J. R., 1998, Rivers as sentile: Using the biology of rivers to guide landscape management", Final Report for USEPA. 28 p.
- 18- Latimore, J., 2012, Macroinvertebrates. Michigan's Clean Water Corps Retrieved from www.micorps.net, Accessed on 4th June, 2012.
- 19- Lental, D., 1993, A biotic index for southeastern United States, Derivation and list of tolerance values with criteria for assessing water quality ratings, Vol. 12, pp: 179-290.
- 20- Loch, D. D., West, J. L., Perlmutter, D. G., 1999, The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates, *Aquaculture*, Vol. 147, pp: 37-55.
- 21- Mustow, S. E., 2002, Biological monitoring of rivers in Thailand: use and adaptation of the BMWP score. *Hydrobiologia*, Vol. 479, pp: 191-229.
- 22- Pandian, T.J., 1987, Sustainable clean water and aquaculture. *Arch. Hydrobiol.*, Vol. 28, pp: 333-343.
- 23- Popoola, KOK., Otalekor A., 2011, Analysis of aquatic insects' communities of Awba reservoir and its physio-chemical properties, *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, Vol. 3(4), pp: 422-428.
- 24- Quigley, M., 1986, *Invertebrates of streams and rivers*, Head of Studies in Environmental Biology. Nene College. Northampton, Edward Arnold, 83 p.
- 25- Roni, P., M., Lierman. A., 2005, Monitoring and evaluating responses of solminid and other fishes to in stream estoration, University of Washington Press, 318-339 pp.
- 26- Rosenberg, D. M., Resh, V., 1993, *Freshwater bio monitoring and benthic macro invertebrates*, Chapman & Hall, New York, 1-488.
- 27- Shukla, A., Shrivastava, S., 2004, Species diversity of macrozoobenthos: A tool for Bio monitoring water pollution of Gandhisagar reservoir, M. P. *Indian Biographies & Memoirs*, Vol. 30(1), pp: 7-13.
- 28- Spelman, F. R., Drinan. J. E., 2001, *Stream Ecology and Self Purification*, Lancaster Technomic Pub. Inc.U.S.A, 261 p.
- 29- Staneff-Cline, D., Neff, W., 2007, Born to swarm The Plain Dealer, Retrieved January 15, 2008.
- 30- Wetzel, R. G., 1983, *Limnology* second edition. Saunders College Publishing, pp: 110-120.
- 31- Wlodarska, M., Weslawski, J.M., 2001, Impact of climate warming on Arctic benthic biodiversity, Institute of oceanology, polish Academy of Science. Powstancow Warszawy 55, sotop, Poland, 81-712.

Temporal and spatial variation in population structure of *Mayfly* in relation to physicochemical properties of Tajan River - Mazandaran province

Bagheri S.¹, Imanpour Namin J.^{1*}, Bojkova J.^{2,3} and Esmaili R.³

¹ Dept. of Fishery Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some sara, I.R. of Iran

² Biology Centre of the Czech Academy of Sciences, Institute of Entomology, Brno, Czech Rep.

³ DOE of Mazandaran, Sari, I.R. of Iran.

Abstract

Biological assessment is one of the most effective practical and economic methods to determine the health of aquatic ecosystems. Diversity of very sensitive macrobenthos to pollution are used as an indicator of river health. In this study, the effects of physical and chemical environmental variables of stream water on abundance of Ephemeroptera in three sections of Tajan River, upstream, midstream and downstream were examined. Selective sampling was carried out on monthly bases from April to March 2019. One-way analysis of variance was used to evaluate the qualitative status of the sampling stations, Principal component analysis was utilized to determine the effect of environmental factors on separation or overlap of the studied stations and comparative conventional analysis was used to determine the relationship between environmental variables with presence and absence of Ephemeroptera families. Results showed that among physical and chemical variables, flow rate, dissolved oxygen, pH, EC and TDS varied significantly during the study (The differences were apparent between Mohammadabad station with other two sampling stations in terms of temperature and dissolved oxygen and Tajan station varied significantly with others in terms of EC, TDS and Water flow. Significant positive relationship was observed between abundance of some families of *Ephemeroptera* including *Baetidae* with EC and TDS and *Oligoneuridae* with pH and dissolved oxygen. Therefore, due to the significant relationship between the quality factors of rivers and the frequency of Ephemeroptera, they can be considered as a quality indicator of surface water resources.

Key words: Tajan River, Ephemeroptera, Biological assessment, Biological Indices